

Henryk Nowak

*”Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie”*

Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2012

## Spis treści

Przedmowa .....	7
Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	11
1. Wprowadzenie .....	13
1.1. Wstęp .....	13
1.2. Cel i zakres książki .....	25
2. Podstawy wymiany ciepła przez przegrody budowlane .....	29
2.1. Właściwości cieplno-fizyczne materiałów budowlanych .....	29
2.2. Pojęcia podstawowe wymiany ciepła .....	38
2.2.1. Wymiana ciepła przez konwekcję .....	39
2.2.2. Wymiana ciepła przez promieniowanie .....	42
2.2.3. Wymiana ciepła przez przewodzenie .....	44
2.2.4. Złożona wymiana ciepła .....	45
2.3. Podstawy teorii przewodnictwa cieplnego .....	47
2.3.1. Pole temperatury .....	47
2.3.2. Nieustalone przewodzenie ciepła w ciałach stałych .....	51
2.3.3. Dynamika cieplna przegród budowlanych – masa termiczna przegród .....	56
2.4. Jednokierunkowe ustalone przenikanie ciepła przez ściankę płaską .....	61
2.4.1. Przenikanie ciepła przez przegrody .....	61
2.4.2. Rozkład temperatury w przegrodzie .....	66
2.4.3. Wpływ usytuowania warstwy izolacji termicznej na właściwości cieplno- -wilgotnościowe przegrody budowlanej .....	67
3. Mostki cieplne w budynkach .....	71
3.1. Wstęp .....	71
3.2. Mostki cieplne .....	73
3.3. Błędy projektowe i wykonawcze realizacji termicznej obudowy budynków .....	98
4. Podstawy teoretyczne badań termowizyjnych – wymiana ciepła przez promieniowanie ..	103
4.1. Odkrycie promieniowania cieplnego .....	103
4.2. Widmo promieniowania elektromagnetycznego .....	105
4.3. Podstawowe prawa promieniowania ciała czarnego .....	108
4.4. Promieniowanie cieplne obiektów rzeczywistych .....	112
4.4.1. Radiacyjne właściwości powierzchni ciał stałych .....	112
4.4.2. Współczynnik emisyjności powierzchni ciał stałych .....	114
4.4.3. Powierzchnie spektralnie selektywne .....	120
4.5. Wymiana ciepła przez promieniowanie między dwiema powierzchniami .....	129
5. Radiacyjna wymiana ciepła budynku z otoczeniem .....	133
5.1. Promieniowanie cieplne środowiska zewnętrznego .....	133
5.2. Chłodzenie radiacyjne zewnętrznych powierzchni przegród budowlanych .....	140
5.3. Średnia temperatura promieniowania nieboskłonu .....	144
5.3.1. Kalorymetryczna temperatura promieniowania nieboskłonu .....	144
5.3.2. Spektralna temperatura promieniowania nieboskłonu .....	148
5.4. Bilans promieniowania cieplnego zewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej ...	152
5.5. Poprawka temperaturowa do obliczeniowej temperatury powietrza zewnętrznego ..	155
6. Badania termowizyjne w budownictwie .....	161
6.1. Diagnostyka termiczna budynków .....	161
6.2. Badania termowizyjne a badania nieniszczące .....	166
6.2.1. Wstęp .....	166
6.2.2. Termografia pasywna .....	168

6.2.3. Termografia aktywna .....	170
6.3. Istota badań termowizyjnych .....	175
6.3.1. Wstęp .....	175
6.3.2. Podstawa pomiaru termowizyjnego .....	181
6.3.3. Zalety i ograniczenia badań termowizyjnych .....	184
6.3.4. Procedura wykonywania badań termowizyjnych .....	186
6.3.5. Zasady wykonywania badań termowizyjnych .....	189
6.3.6. Termowizyjne badania ilościowe .....	193
6.4. Czynniki wpływające na dokładność pomiarów termowizyjnych .....	202
6.4.1. Czynniki środowiskowe oraz związane z kamerą i z obiektem badań .....	202
6.4.2. Współczynnik emisyjności powierzchni .....	209
6.5. Przyczyny błędów pomiarowych .....	216
6.6. Interpretacja termogramów .....	218
6.7. Badania termowizyjne w budownictwie .....	232
6.7.1. Zakres termowizyjnych badań w budownictwie .....	232
6.7.2. Badania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej .....	235
6.7.3. Badania okien, drzwi balkonowych i fasad przeszklonych .....	249
6.7.4. Balkony .....	267
6.7.5. Połacie dachowe .....	271
6.7.6. Stropodachy .....	275
6.7.7. Instalacje centralnego ogrzewania, posadzki z ogrzewaniem podłogowym ....	277
6.7.8. Przykłady różne .....	281
6.7.9. Jak nie należy wykonywać badań termowizyjnych .....	288
6.7.10 Termografia lotnicza .....	290
6.7.11. Badania obiektów mostowych .....	296
6.8. Zakres raportu termograficznego .....	303
6.9. Czy zawsze badania kamerą termowizyjną .....	308
6.10. Standaryzacja kwalifikacji zawodowych personelu termograficznego .....	311
7. Podsumowanie.....	315
Literatura .....	319
Streszczenie w języku angielskim .....	331